

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПРИНКЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ БАСЕЙНА ВЫДЕРЖКИ 5-го ЭНЕРГБЛОКА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС В РЕЖИМЕ ПОЛНОЙ ВЫГРУЗКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ИЗ РЕАКТОРА

Н. В. Ганьшин, М. М. Григорьев, О. Ю. Журавлева, А. А. Плаксеев, Н. А. Подпорина

ОАО «Атомэнергопроект», г. Москва

Введение

В режиме перегрузки ядерного топлива отвод тепла от двух отсеков бассейна выдержки отработанного топлива осуществляется одним из двух каналов системы охлаждения бассейна выдержки (БВ). В настоящее время в рамках проведения мероприятий по модернизации 5-го энергоблока Нововоронежской АЭС рассматривается возможность охлаждения топлива в бассейне спринклерной системой, что может обеспечить вывод одного из каналов системы охлаждения бассейна выдержки в плановый ремонт. Цель настоящей работы – оценка возможности охлаждения бассейна выдержки спринклерной системой и подготовка предложений по ее модернизации.

Постановка задачи

Рассматривается эксплуатационное состояние, соответствующее режиму с полной выгрузкой ядерного топлива из реактора в бассейн выдержки. Уровень борного раствора в бассейне выдержки соответствует отметке +35,700, при этом объем воды в бассейне составляет 825 м³. Отвод остаточных тепловыделений от ТВС, находящихся в бассейне, осуществляется каналом системы охлаждения БВ. На рис. 1 показана упрощенная схема системы охлаждения БВ.

Усредненные значения тепловыделения в зависимости от времени, отсчитываемого от момента выгрузки ядерного топлива, приведены в табл. 1. На 25-е сутки значение энерговыделения стабилизируется и для рассматриваемого периода времени практически не меняется. Требуется оценить время, в течение которого возможен вывод в ремонт одного канала системы безопасности (СБ). В течение этого времени в случае отказа работающего канала системы охлаждения БВ отвод тепла от БВ должен обеспечиваться спринклерной системой.

Таблица 1

Усредненные значения энерговыделения в БВ после выгрузки ядерного топлива

Время, сут.	Мощность, МВт
2	14,2
5	9,13
10	6,69
15	5,47
20	4,75
25	4,29

Расчетная схема системы охлаждения БВ спринклерным насосом через теплообменник системы аварийного охлаждения зоны низкого давления (САОЗ НД) приведена на рис. 2. Рассматривается один канал спринклерной системы. Вода забирается из БВ через трубопровод с задвижкой БВ-23. Далее через задвижку АР-41 вода поступает на всас спринклерного насоса АСН-1, по линии рециркуляции подается для охлаждения в теплообменник ТОАР-1 и, далее, по трубопроводу с задвижкой АС-111 и обратным клапаном АС-631 возвращается в БВ.

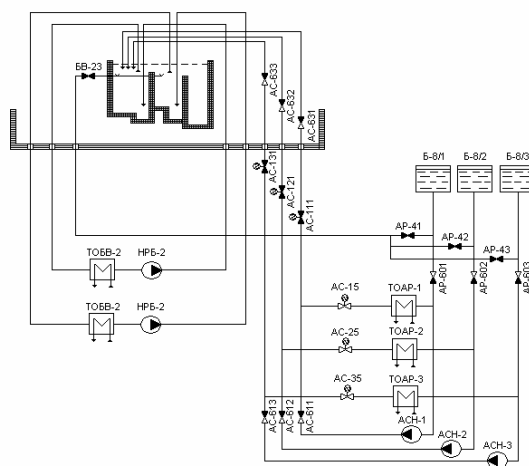


Рис. 1. Упрощенная схема системы охлаждения бассейна выдержки

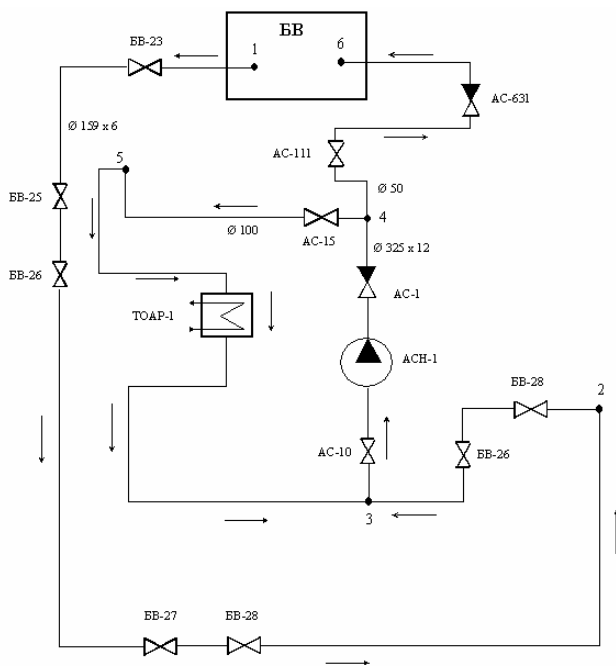


Рис. 2. Расчетная схема системы охлаждения бассейна выдержки спринклерным насосом

Результаты расчета

Расчет выполнен для двух значений диаметров участка трубопровода, соединяющего напор спринклерного насоса с БВ (участки 4-6) – Ду 50 и Ду 100. Результаты расчета расхода воды через БВ приведены в табл. 2. Результаты расчета показывают, что при диаметре трубопровода, соединяющего напор спринклерного насоса с БВ, равном Ду50, расход воды через теплообменник аварийного расхолаживания (ТОАР) в 19 раз выше расхода по линии охлаждения БВ. При этом температура воды на выходе из теплообменника ТОАР отличается от температуры воды, охлаждающей теплообменник, не более чем на 2,3 °С.

Таблица 2

Величина расхода через теплообменник ТОАР и БВ

Расход через теплообменник ТОАР, кг/с	Расход через бассейн выдержки, кг/с	
	Ду 50	Ду 100
214,0	11,2	54,3

В табл. 3 показана мощность, отводимая ТОАР от БВ в зависимости от температуры воды в БВ. Поскольку мощность, выделяющаяся в БВ на 25-е сутки после выгрузки топлива, больше мощности, отводимой ТОАР, то температура в БВ будет расти. На рис. 3 показано изменение температуры в бассейне выдержки при работе одного и двух каналов спринклерной системы. Видно, что при работе одного канала спринклерной системы температура в БВ достигает температуры кипения за 25 часов, а при работе двух каналов спринклерной системы полностью

обеспечивается охлаждение бассейна выдержки. В этом случае температура в бассейне не превышает 82 °С.

Таблица 3

Зависимость мощности теплообменника ТОАР от температуры воды в БВ

Температура в БВ, °С	Мощность теплообменника ТОАР, МВт	
	Ду 50	Ду 100
40	0,3	1,12
50	0,73	2,72
60	1,17	4,32
70	1,6	5,92
80	2,04	7,51
90	2,3	8,76
99,6	2,72	10,28

При использовании раствора борной кислоты, находящейся в баках аварийного запаса Б-8/1÷3, для охлаждения бассейна выдержки в режиме кипения количество борной кислоты, находящейся в каждом баке, обеспечивает охлаждение бассейна в течение 4,3 суток.

При замене участка трубопровода, соединяющего напор спринклерного насоса с БВ, с Ду 50 на Ду 100 (участок 4–6) расход воды по линии охлаждения БВ увеличивается почти в 5 раз. В этом случае один канал спринклерной системы полностью обеспечивает охлаждение БВ.

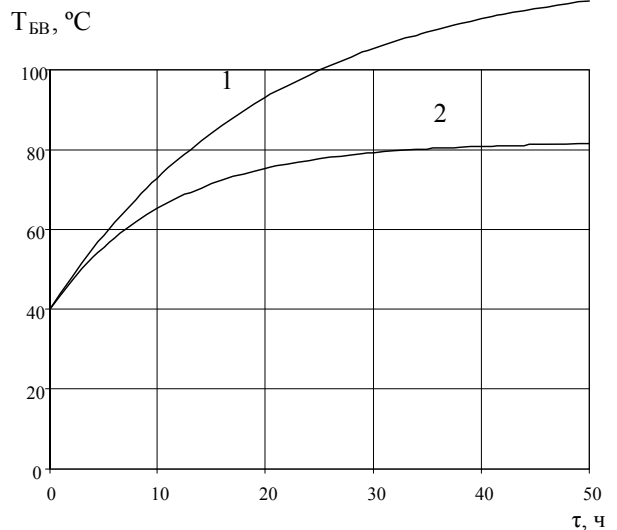


Рис. 3. Изменение температуры в бассейне выдержки при работе одного (1) и двух (2) каналов спринклерной системы в зависимости от времени

Заключение

В докладе приведены результаты расчета охлаждения бассейна выдержки спринклерной системой

в режиме полной выгрузки ядерного топлива из реактора.

Показано, что на 25-е сутки после выгрузки топлива в бассейн выдержки использование одного канала спринклерной системы для его охлаждения обеспечивает вывод канала системы безопасности в ремонт на 25 часов, а использование двух каналов системы полностью обеспечивает охлаждение бассейна выдержки. В этом случае температура в бассейне не превышает 82 °С.

При использовании раствора борной кислоты, находящейся в баках аварийного запаса Б-8/1÷3, для охлаждения бассейна выдержки в режиме кипения количество борной кислоты, находящейся в каждом баке, обеспечивает охлаждение бассейна в течение 4,3 суток.

При замене участка трубопровода, соединяющего напор спринклерного насоса и БВ, с Ду 50 на Ду 100 один канал спринклерной системы полностью обеспечивает охлаждение БВ.